

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
\_\_\_\_\_ Турилова Е.А.  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Дифференциальные и интегральные уравнения

Специальность: 03.05.01 - Астрономия  
Специализация: Астрофизика и космология  
Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2023

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): профессор, д.н. (профессор) Балакин А.Б. (Кафедра теории относительности и гравитации, Отделение физики), Alexander.Balakin@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	Способен ориентироваться в базовых астрономических и физико- математических теориях, фундаментальных разделах математики, физики, астрономии и педагогики для решения научно-исследовательских и педагогических задач
ПК-5	Способность вести междисциплинарные исследования на стыке астрономии с физикой и математикой и другими естественными науками

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные положения теории дифференциальных, интегральных уравнений и вариационного исчисления;

Должен уметь:

уметь использовать понятия и методы дисциплины при решении задач, возникающих в теоретической и математической физике.

Должен владеть:

методами решения соответствующих задач и упражнений; владеть методами интегрирования как обыкновенных дифференциальных уравнений и дифференциальных уравнений в частных производных, так и систем таких уравнений;

Должен демонстрировать способность и готовность:

использовать методы теории дифференциальных уравнений и вариационного исчисления при решении задач, возникающих в теоретической и математической физике.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.10 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.05.01 "Астрономия (Астрофизика и космология)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

Осваивается на 2 курсе в 3, 4 семестрах.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) на 216 часа(ов).

Контактная работа - 122 часа(ов), в том числе лекции - 48 часа(ов), практические занятия - 72 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 2 часа(ов).

Самостоятельная работа - 67 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 27 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 семестре; зачет в 4 семестре.

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Дифференциальные уравнения 1-го порядка с одной неизвестной функцией.	3	6	0	10	0	0	0	5
2.	Тема 2. Уравнения n-го порядка.	3	6	0	8	0	0	0	4
3.	Тема 3. Системы дифференциальных уравнений.	3	4	0	8	0	0	0	4
4.	Тема 4. Элементы теории устойчивости.	3	4	0	6	0	0	0	5
5.	Тема 5. Уравнения с частными производными первого порядка.	3	4	0	4	0	0	0	2
6.	Тема 6. Сведения об интегральных уравнениях.	4	12	0	18	0	0	0	23
7.	Тема 7. Элементы вариационного исчисления.	4	12	0	18	0	0	0	24
	Итого		48	0	72	0	0	0	67

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Дифференциальные уравнения 1-го порядка с одной неизвестной функцией.**

Дифференциальные уравнения 1-го порядка с одной неизвестной функцией. Формулировка и доказательство теорем существования и единственности решения. Основные интегрируемые типы уравнений 1-го порядка. Уравнения с разделяющимися производными. Однородные уравнения первого порядка. Линейные уравнения первого порядка. Уравнения в полных дифференциалах. Уравнения, не разрешенные относительно производной.

**Тема 2. Уравнения n-го порядка.**

Уравнения n-го порядка. Уравнения, допускающие понижения порядка. Линейные уравнения n-го порядка. Общее решение линейного однородного уравнения. Линейные неоднородные уравнения n-го порядка. Общее решение линейного неоднородного уравнения. Линейные однородные уравнения с постоянными коэффициентами и их решение. Линейные неоднородные уравнения с постоянными коэффициентами и нахождение данного решения для различных видов свободного члена. Метод вариации произвольных постоянных.

**Тема 3. Системы дифференциальных уравнений.**

Системы дифференциальных уравнений. Нормальная система. Теорема существования и единственности решения. Системы линейных уравнений. Системы однородных уравнений. Теоремы о решении. Вронскиан решения. Фундаментальная матрица. Общее решение и решение задачи Коши в матричной форме. Система неоднородных уравнений. Общее решение и решение задачи Коши в матричной форме. Нахождение интегрируемых комбинаций для системы и первые интегралы. Решение системы уравнений, заданных в симметричной форме. Интегрирование системы дифференциальных уравнений путем сведения к одному уравнению более высокого порядка. Системы линейных уравнений с постоянными коэффициентами. Характеристическое уравнение для однородной системы и характеристические числа. Решение однородной системы. Решение неоднородной системы, Метод вариации произвольных постоянных. Понятие о краевых задачах. Задача Штурма-Лиувилля. Функция Грина. Метод построения функции Грина. Физическая интерпретация функции Грина.

#### **Тема 4. Элементы теории устойчивости.**

Элементы теории устойчивости. Основные определения и понятия теории устойчивости. Тривиальное решение и его устойчивость по Ляпунову. Простейшие типы точек покоя для однородной системы двух уравнений с двумя неизвестными и их устойчивость. Об исследовании на устойчивость по первому приближению. Метод функции Ляпунова. Основные теоремы Ляпунова.

#### **Тема 5. Уравнения с частными производными первого порядка.**

Уравнения с частными производными первого порядка. Общее решение линейного уравнения. Задача Коши для линейного уравнения; уравнения характеристик; векторные линии и векторные поверхности; геометрическая интерпретация. Общее решение квазилинейного уравнения. Решение Коши для квазилинейного уравнения. Примеры.

#### **Тема 6. Сведения об интегральных уравнениях.**

Уравнения Фредгольма и Вольтерра I и II родов. Собственные значения и собственные функции интегрального однородного уравнения. Интегральные уравнения с вырожденным ядром. Теоремы Фредгольма. Существование и единственность решения уравнения Фредгольма. Сведения о приближенных методах решения интегральных уравнений.

#### **Тема 7. Элементы вариационного исчисления.**

Линейное нормированное пространство. Пространство непрерывных функций. Эпсилон-окрестность и расстояние между точками. Определение функционала. Непрерывность, линейность функционала. Экстремум функционала. Вариация функционала. Необходимое условие экстремума функционала. Основная лемма вариационного исчисления. Уравнение Эйлера. Уравнение Эйлера-Остроградского. Вариационная задача с подвижными границами для простейшего функционала. Условия трансверсальности. Задача с подвижными границами для функционала, зависящего от двух функций одного независимого аргумента. Поле экстремалей. Условие Якоби. Функция Вейерштрасса. Достаточные условия экстремума функционала. Вариационные задачи на условный экстремум. Приложения вариационного исчисления к задачам механики и физики.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

EqWorld МИР МАТЕМАТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ - <https://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/calculus.htm>

Сайт кафедры теории относительности и гравитации - <http://toig-kazan.narod.ru/education.htm>

Сайт кафедры теории относительности и гравитации -

<https://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teorii-otnositelnosti-i-gravitacii/uchebnaya-rabota>

### **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;

- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

### 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

EqWorld The World of Mathematical Equations - <https://eqworld.ipmnet.ru/>

Сайт кафедры теории относительности и гравитации -

<https://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teorii-otnositelnosti-i-gravitacii/uchebnaya-rabota>

Сайт кафедры теории относительности и гравитации КФУ - <http://toig-kazan.narod.ru/education.htm>

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Необходимым требованием для освоения дисциплины является посещение лекций. В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки. В случае возникновения вопросов обращаться за консультациями к преподавателю. В ходе изучения дисциплины мало ограничиваться лекциями, рекомендуется изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой.
практические занятия	Главное назначение практических занятий - более тесное общение преподавателя со студентами на темы определённые преподавателем заранее. При подготовке требуется попытаться выполнить все домашние задания и попытаться наиболее чётко сформулировать непонятные и проблемные этапы возникшие при этом. Непосредственно на занятии нужно обсудить возникшие вопросы с преподавателем.
самостоятельная работа	После каждой лекции студенту следует внимательно прочитать и разобрать конспект. Понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект. Выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются). Если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать. При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Также можно обратиться за помощью к лектору. Самостоятельное изучение части материала. Если часть учебного материала отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материал в отведенные им сроки. Материал следует изучить по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщит преподаватель.



Вид работ	Методические рекомендации
экзамен	<p>У каждого студента на руках должен быть полный список вопросов для экзамена. Их можно тщательно изучить и разбить на несколько групп по уровню ваших знаний. Необходимо иметь конспекты всех лекций и практических занятий. На экзамене будут предложены задачи аналогичные разбираемым на практических занятиях.</p> <p>Не стоит избегать посещения консультации - на ней можно уточнить у преподавателя все, что осталось непонятым.</p>
зачет	<p>У каждого студента на руках должен быть полный список вопросов для экзамена. Их можно тщательно изучить и разбить на несколько групп по уровню ваших знаний. Необходимо иметь конспекты всех лекций и практических занятий. На зачете будут предложены задачи аналогичные разбираемым на практических занятиях.</p> <p>Не стоит избегать посещения консультации - на ней можно уточнить у преподавателя все, что осталось непонятым.</p>

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

**12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи;
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по специальности: 03.05.01 "Астрономия" и специализации "Астрофизика и космология".



Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.О.10 Дифференциальные и интегральные уравнения

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Специальность: 03.05.01 - Астрономия  
Специализация: Астрофизика и космология  
Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2023

**Основная литература:**

Сборник задач по дифференциальным уравнениям и вариационному исчислению : учебное пособие / В. К. Романко, Н. Х. Агаханов, В. В. Власов, Л. И. Коваленко. - 6-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 222 с. - ISBN 978-5-00101-799-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/135528> (дата обращения: 13.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Хеннер, В. К. Обыкновенные дифференциальные уравнения, вариационное исчисление, основы специальных функций и интегральных уравнений : учебное пособие / В. К. Хеннер, Т. С. Белозерова, М. В. Хеннер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 320 с. - ISBN 978-5-8114-2592-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210038> (дата обращения: 13.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Демидович, Б. П. Дифференциальные уравнения : учебное пособие для вузов / Б. П. Демидович, В. П. Моденов. - 6-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 280 с. - ISBN 978-5-8114-9441-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/195426> (дата обращения: 13.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Панкратов, Е. Л. Дифференциальные уравнения : учебное пособие / Е. Л. Панкратов. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2022. - 110 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/283097> (дата обращения: 13.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Васильева, А. Б. Интегральные уравнения : учебник / А. Б. Васильева, Н. А. Тихонов. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 160 с. - ISBN 978-5-8114-0911-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210230> (дата обращения: 13.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

**Дополнительная литература:**

Арнольд, В. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения : учебник / В. И. Арнольд. - 2-е изд., стереотип. - Москва : МЦНМО, 2020. - 341 с. - ISBN 978-5-4439-3254-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/267635> (дата обращения: 13.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Жукова, Г. С. Дифференциальные уравнения : учебник / Г. С. Жукова. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 504 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-015970-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1072180> (дата обращения: 13.05.2023). - Режим доступа: по подписке.

Интегральные уравнения : учебное пособие / О. В. Новоселов, Е. И. Яковлев, Р. В. Ульверт [и др.]. - Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2020. - 122 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/165896> (дата обращения: 13.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Литвин, Д. Б. Обыкновенные дифференциальные уравнения и системы: Учебное пособие / Литвин Д.Б., Мелешко С.В., Мамаев И.И. - Ставрополь:Сервисшкола, 2017. - 76 с.: ISBN. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/976476> (дата обращения: 13.05.2023). - Режим доступа: по подписке.

Петровский, И. Г. Лекции по теории обыкновенных дифференциальных уравнений: учебное пособие / И. Г. Петровский. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 206 с. - ISBN 978-5-9221-1144-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/544800> (дата обращения: 13.05.2023). - Режим доступа: по подписке.

Тихонов, А. Н. Дифференциальные уравнения : учебник / А. Н. Тихонов, А. Б. Васильева, А. Г. Свешников. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 256 с. - ISBN 978-5-9221-0277-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/48171> (дата обращения: 13.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

*Приложение 3*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
*Б1.О.10 Дифференциальные и интегральные уравнения*

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Специальность: 03.05.01 - Астрономия

Специализация: Астрофизика и космология

Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.